

И. А. Бессонов, С. В. Чалпанов, А. А. Бреусова, О. Л. Ташлыков  
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург  
[ilja.bessonov2014@yandex.ru](mailto:ilja.bessonov2014@yandex.ru)

## О ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗОТОПОВ СЕЛЕН-75

*В работе описаны свойства и применение изотопа селен-75. Рассмотрены проблемы получения этого изотопа в реакторе и в ускорителе элементарных частиц. Представлен вариант конструкции целевой капсулы для наработки селена-75. Сделан обзор химических формул материала гранул, содержащих прекурсор для образования селена-75.*

Ключевые слова: *изотоп; селен-75; реактор; ускоритель элементарных частиц; целевая капсула.*

I. A. Bessonov, S. V. Chalpanov, A. A. Breusova, O. L. Tashlykov  
Ural Federal University, Ekaterinburg

## ABOUT THE PRODUCTION OF SELENIUM-75 ISOTOPES

*The properties and application of the isotope selenium-75 are described. The problems of obtaining this isotope in the reactor and in the particle accelerator are considered. A variant of the target capsule design for selenium-75 production is presented. The review of the chemical formulas of material of granules containing a precursor for formation of selenium-75 is made.*

Keywords: *isotope; selenium-75; reactor; particle accelerator; target capsule.*

Значение изотопов для жизни человека с развитием технического прогресса становится всё больше. Их получают в ядерных реакторах и на ускорителях элементарных частиц. При реакторном способе получения целевую капсулу помещают в активную зону реактора, где под действием нейтронного излучения образуются необходимые изотопы [1]. В ускорителях мишень облучается разогнанными частицами, тем самым получают новые

элементы. Транспортировка радиоактивных изотопов к потребителю осуществляется в специальных контейнерах, радиационная защита которых зависит от вида излучения и его энергии [2]. Изотопы широко применяются в медицине, в археологии, дефектоскопии и других областях хозяйственной деятельности человека. Одним из востребованных изотопов является изотоп  $^{75}\text{Se}$ .

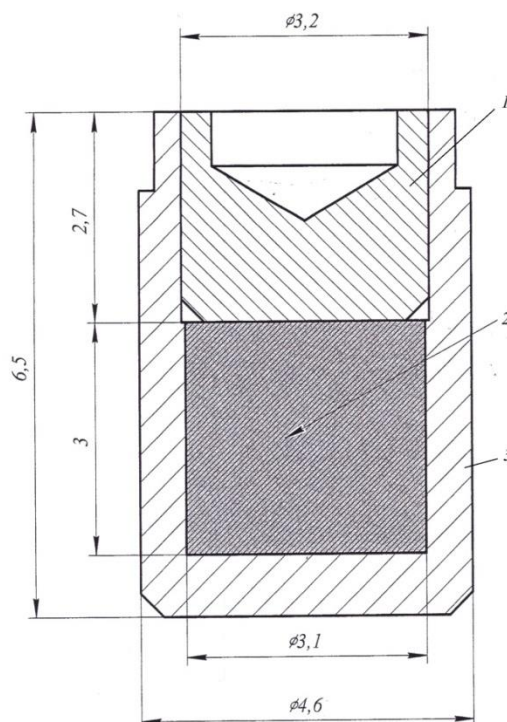
Радиоактивный изотоп селен-75 используется в качестве источника гамма-излучения для дефектоскопии. В России производится линейка гамма-источников на базе  $^{75}\text{Se}$  для промышленных целей. Также  $^{75}\text{Se}$  используют в медицине, например, в качестве закрытого брахитерапевтического источника.

Селен-75 плавится при температуре 217 °С. Имеет температуру кипения 680 °С. Селен реагирует со многими металлами – это усложняет методы его получения. Так, например, если ампула для селена изготовлена из титана, при температуре равной 400 °С селен взаимодействует с металлом ампулы с образованием сквозных свищей [3]. Селен-75 является источником «мягкого» гамма-излучения. Селен-75 ( $\text{Se-75}$ ) распадается в результате захвата электрона с периодом полураспада 120 суток. Энергия основных испускаемых линий 121, 136, 265, 280 и 400 кэВ со средней энергией в районе 215 кэВ [4].

Оптимальным представляется получение изотопа в реакциях на мышьяке при помощи ускорителя. При энергии протонов менее 22 МэВ единственным радиоактивным изотопом селена является  $\text{Se-75}$ . Увеличив энергию протонов, можно существенно повысить выход, однако потребуется выдержка для уменьшения активности других изотопов селена. Наибольшей активностью обладают изотопы  $^{72}\text{Se}$  и  $^{73}\text{Se}$  с периодами полураспада около 9 дней и 40 минут соответственно [5].

Основным способом получения изотопа селена-75 является использование реактора. Источники  $^{75}\text{Se}$  создаются путем капсулирования целевого материала  $^{74}\text{Se}$  внутри целевой капсулы, который облучают в реакторе потоком нейтронов. Целевые капсулы

(рисунок) изготавливают из малоактивирующихся металлов (алюминий, титан, ванадий и их сплавы).



Капсула для облучения исходного изотопа:

1 – крышка; 2 – металлический селен; 3 – корпус капсулы

Для достижения хороших характеристик в рентгенографии необходимо, чтобы размер фокусного пятна был как можно меньшим, а активность – максимально высокой. Это достигается путем облучения в очень высоком нейтронном потоке и использования обогащенного материала мишени  $^{74}\text{Se}$  (обычно обогащение больше 95 %).

Из-за своих свойств  $^{75}\text{Se}$  реагирует со многими металлами, которые могут быть пригодны в качестве малоактивируемых материалов капсул, в том числе – титан, ванадий, алюминий и их сплавы. Это означает, что требуется тщательный выбор материала целевой капсулы, и температуру целевой капсулы во время облучения следует поддерживать на уровне ниже 400 °С, чтобы предотвратить реакцию селена и коррозию стенки целевой капсулы.

В [3] предлагается способ, предусматривающий источник гамма-излучения, содержащий селен-75, который объединяется с приемлемым металлом или металлами в форме стабильного

соединения, сплава или смешанной металлической фазы. В данном случае приемлемые металлы (Me) относятся к группе, включающей ванадий, молибден, родий, ниобий, торий, титан, никель, свинец, висмут, платина, палладий, алюминий или их смеси. Селен предоставляется в форме гранулы или шарика соединения, описываемого формулой  $Me_xSe_y$ , а Me представляет собой один или смесь двух или более приемлемых металлов (например,  $VSe_2$ ,  $MoSe_2$  или  $Rh_2Se_5$ ).

#### Список использованных источников

1. Русских И. М., Ташлыков О. Л. Получение радиоактивных изотопов в исследовательском ядерном реакторе для экспериментальных исследований свойств гомогенных радиационно-защитных материалов // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института ; ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Екатеринбург : УрФУ, 2016. С. 254–257.
2. Селезнев Е. Н., Козлов А. В., Ташлыков О. Л. Использование альтернативных радиационно-защитных материалов при транспортировании радиоактивных материалов (на примере источника лютеций-177) // Труды первой научно-технической конференции молодых ученых Уральского энергетического института ; ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Екатеринбург: УрФУ, 2016. С. 274–277.
3. Gamma Radiation Source : Pat. EP 1173855 B1 : Int Cl. G21G 4/04 ; G21G 4/06 / Shilton M. G. ; Proprietor : QSA UK Limited (GB) ; Application number : 00920911.5 ; Priority : 27.04.1999 GB 9909531 ; Publ. 21.02.2007 ; Bull. 2007/08 URL:  
<https://patentimages.storage.googleapis.com/37/88/1c/b4edd3f5c11c65/EP1173855B1.pdf> (дата обращения: 23.11.2019)
4. Чижилов, Д. М. Селен и селениды / Д. М. Чижилов, В. П. Счастливый ; Акад. наук СССР. Гос. ком. по черной и цвет. металлургии при Госплане СССР. Ин-т металлургии им. А. А. Байкова. М. : Наука, 1964. 320 с.
5. Белоусов А. В., Белянов А. А., Крусанов Г. А., Черняев А. П. Моделирование капсулированных источников с  $^{75}Se$  с целью их потенциального использования в брахитерапии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3 : Физика. Астрономия. 2018. № 3. С. 104–106.